

GLASSLINING HEAT EXCHANGER INSTRUCTION MANUAL

グラスライニング製 多管式熱交換器 取扱説明書



目 次

特 長	1
仕 様	1
ガラスの耐食性	2
用途と伝熱係数	3
取扱い上の注意事項	4
組立・据付・配管上の注意事項	4
使用上の注意事項	5
リボイラーとして使用する場合の注意事項	11
グラスライニング製多管式熱交換器の事故例	12

特 長

- (1) 伝熱管はガラス管を鋼管の内面に完全に融着させたガラス鋼管です。
ガラス厚みは均一で、ピンホールはありません。
- (2) 伝熱管は管板に完全に溶接されているので、機械的性質、及び気密性に優れています。
- (3) 腐食性物質に接する部分はグラスライニングされているので、金属イオンの溶出などがなくプロセス液が汚染されません。またガラス面はスケールが付着しにくく、洗浄が容易で、伝熱性能に優れています。
- (4) グラスライニング製熱交換器としては、もっともコンパクトであり、縦型でも横型でも使用できます。

仕 様

(1) 最高使用圧力

標準品はチューブ側、シェル側とも 0.60MPa です。

尚、0.60MPa 以上の圧力に対しても製作いたします。

(2) 最高使用温度

一般のグラスライニング製反応機と異なり、最高使用温度は 180℃です。

但し、純水に対しては一般の反応機と同じく 150℃です。

(3) 許容熱衝撃温度差

シェル側冷却の場合の最高許容温度差は 100℃です。シェル側加熱にてスチームを使用する場合は、トラブルを防止するため、その都度ご相談をお願いします。

また、ブライン冷却の場合の最高許容温度差は 80℃です。

(4) 伝熱管とバッフル

伝熱管は四角配列で、バッフルは約 25%切欠バッフルです。

(5) ガasket材質

管板用ガasketには、鉄芯入り PTFE 包みガasketを使用しています。

(6) グラス番号

Octa88-200B

(7) 検査

ピンホール試験 : D.C.10,000V (出荷前)

水 圧 試 験 : チューブ側、シェル側共に 0.60MPa

気 密 試 験 : 特に要求があった場合のみ実施します。

また真空で 사용되는場合は、真空テストを実施します。常温において、1Torr に排気後 1 時間放置して 2Torr を基準としています。サイズによって内容積が異なりますが、リーク量は約 50 ~ 100Lusec 程度です。

ガラスの耐食性

管板のガラス及び伝熱管の内張りガラスは、弗化水素あるいは弗素を含む酸、及びその塩類、熱濃燐酸、高温のアルカリ溶液以外は殆どの腐食性物質に対して、高温下でも使用できる耐食材料です。塩素、臭素、酸素などのハロゲンにも侵されません。

詳しくは、別途 Octa88-200B ガラスのカタログを参照して下さい。

用途と伝熱係数

(1) 用途

本機は多管式熱交換器ですから、次の用途に使用できます。

- ① 蒸気の凝縮
- ② 液の蒸発
- ③ 気・液の加熱
- ④ 気・液の冷却

納入実績では蒸気の凝縮が最も多くなっています。

(2) 総括伝熱係数 W/m^2K

よく知られているように U は次の式で求められます。

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{io}} + \frac{1}{h_o} + \frac{1}{ht} + ri + ro$$

U : 管外面基準総括伝熱係数 [W/m²K]

h_i : 管内面基準内面境膜伝熱係数 [W/m²K]

h_{io} : 管外面基準内面境膜伝熱係数 $h_{io} = \left[\frac{d_i}{d_o} \right] h_i = 0.741 h_i$: [W/m²K]

h_o : 管外面境膜伝熱係数 $ht = 680 W/m^2K$ [W/m²K]

ht : 管外面基準管壁伝熱係数 [W/m²K]

ri : 管内汚れ抵抗 [m²K/W]

ro : 管外汚れ抵抗 [m²K/W]

今グラスライニング製多管式熱交換器をコンデンサとして使用する場合は U の概略値を、 h_o , h_{io} の値を仮定して求めると次の通りです。

縦型コンデンサとして使用する場合は U 値

h_o W/m ² K	h_{io} W/m ² K	U W/m ² K
930	930	240
〃	1160	260
〃	1390	270
〃	1740	290
〃	2320	310
1160	930	280
〃	1160	300
〃	1390	310
〃	1740	320
〃	2320	340

但し、 $\begin{cases} ht = 680 W/m^2K \\ ri = 0 \\ ro = 0.00017 m^2K/W \end{cases}$

取扱い上の注意事項

グラスライニング製熱交換器は、他のグラスライニング製機器と同じ取扱い上の注意が必要です。
ここでは、グラスライニング製熱交換器として特に必要な注意事項についてのみ説明します。

組立・据付・配管上の注意事項

(1) ガasketの厚み調整

管板とチャンネルカバーの間には、PTFE 包みガスケットを使用しています。

グラスライニング製機器特有の、焼成によるフランジ面の歪や倒れを補うため、ガスケットの厚み調整を行い、セット後、合マークをつけています。

⚠ 注 意

- ❗ ガasket調整後の合マークに合わせて組立ててください。
合マークがズレると洩れ等の原因となります。

(2) ガasketの増締めと配管の計画

ガスケットの締付圧力は使用温度が高い程、時間の経過と共に低下していきます。

⚠ 注 意

- ❗ 運転開始後、1～2時間のうちに1回目の増締めを行ってください。

また、ガスケットの増締め作業は配管部も行ってください。

グラスライニング製熱交換器の配管に当たっては、ノズルに異常な外力が作用しないように配管をサポートしたり、適当な箇所にベローズを設置するなどしてください。

別途、ポンプ等回転機器の振動が、極力機器へ伝わらないような配管上の配慮をお願いします。

⚠ 注 意

- ❗ 配管作業時に異常な外力が機器に作用しないよう注意してください。

ボルト及びクランプは下記締付トルクを目安として締付けて下さい。

ボルト及びクランプサイズ	締付トルク
M16	50 ～ 80 [N・m]
M20	100 ～ 160 [N・m]
M24	150 ～ 290 [N・m]

(3) 据付

不測の事故を未然に防ぐため、グラスライニング製熱交換器の据付は、できるだけ他の金属製機器の据付作業完了後に行ってください。グラスライニング製機器は、たとえ外面部の銅板であっても、強い衝撃を与えると、内面のガラスを破損する恐れがあります。

⚠ 注 意

❗ 機器に衝撃を与えるとガラスが破損する恐れがありますのでご注意ください。

使用上の注意事項

(1) 試運転

一般に試運転はプロセス液ではなく、水を使って行われることが多いですが、プロセス側にはプロセスウォーターを使用してください。ガラスの耐水性は気相、液相とも 150℃が限界です。

⚠ 注 意

❗ グラスライニング製多管式熱交換器の最高使用温度が180℃であっても、水による試運転時には、最高使用温度150℃となります。

またシェル側ブラインによる冷却の熱交において、チューブ側に通水して試運転を行ったものは、適当な方法で完全に水分を除去した後にブラインを流さないと、残った水が凍結しトラブルとなる恐れがあります。

(2) 運転開始及び停止

グラスライニング製機器のガラス層にはガラスを強化するために残留圧縮応力が作用していますが、機器の温度が上昇するに従って、この応力は減少していきます。従ってグラスライニング製機器は高い温度の状態にあるときよりも、低い温度の状態にあるときのほうが熱衝撃抵抗が大きくなります。

コンデンサとして使用するときは、シェル側へ冷却水を先に流した後、チューブ側にベーパーを通して下さい。加熱器として使用するときは、低温側流体をチューブ側へ流した後、シェル側へ高温側流体（温水あるいはスチーム）を通すようにして下さい。この際、スチームのバルブは 5 分間以上の時間をかけて、必ずゆっくりと開いてください。運転停止の場合は開始の場合とは逆に、高温側流体の流れを先に止め、次いで低温側流体の流れを止めてください。

【例】コンデンサとして使用の場合

①シェル側へ冷却水またはブライン

②チューブ側にベーパー

加熱器として使用する場合

①チューブ側へ低温流体

②シェル側へ高温流体（温水やスチーム）

(3) 冷却水とブラインの併用

シェル側を冷却水からブラインに切替えた際、ガラス破損のトラブルを起こした例があります。

チューブと管板の隙間に水が残り凍結作用による体積膨張力と初期熱衝撃の重複した損傷で起こったものであり、対策としてブラインを徐々に流す、常温のブラインを使用して水を溶解し使用する方法がありますが、基本的にはシェル側での冷却水とブラインの併用は厳禁とします。

⚠ 注 意

❗ シェル側での冷却水とブラインの併用は厳禁とします。

(4) 洗浄

ガラス面は物質が付着しにくく、洗浄し易いという特長を持っていますが、一度付着をはじめると、ステンレス機器と何ら変わらない程付着が激しくなることがあります。洗浄を行い、きれいなガラス面を保持することを推奨します。定期的な洗浄方法としては、溶剤洗浄がもっとも好ましい方法です。

下記にスチーム洗浄，高圧水洗浄について説明します。

① スチーム洗浄

ガラス面に直接スチームを吹きつけることは、ガラスの耐食性からみて好ましくありません。但し、熱衝撃に対する最高許容温度差を $\Delta T \leq 100^{\circ}\text{C}$ とすれば実施できます。

⚠ 注 意

❗ スチーム洗浄を行う場合は、必ず最高許容温度差を $\Delta T \leq 100^{\circ}\text{C}$ としてください。

② 高圧水洗浄

一般に噴射圧力，噴射水量（ノズル口径），噴射距離などが問題になりますが、実験の結果、最も重要な問題は、水質であることがわかりました。使用する水の中に、微粒子が含まれている場合は、高圧水洗浄は行わないでください。

⚠ 注 意

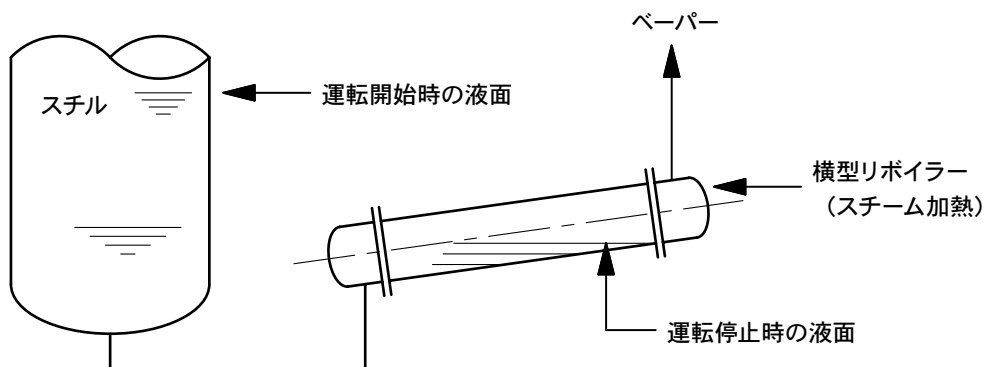
❗ 高圧水洗浄は、ガラス破損の危険性が高いため、極力行わないでください。

(5) 熱応力

通常のコンデンサあるいは加熱器として使用する場合は問題ありませんが、特殊な使用方法によっては、管板の温度が部分的に異り、各チューブ間に温度差が生じることがあります。

結果としてガラスの破損を招く恐れがあります。

例えば下記のような横型リボイラーでバッチ式運転の場合



運転開始時には熱交の内部は満液であるから、高温側と低温側の温度差に注意すれば問題はありませんが、運転停止時に上図のような状態になると、チューブによって熱膨張が異なり管板に熱応力を生じガラスが破損します。これはトラブルの実例です。このような場合は縦型にて御使用下さい。

一般にシェル側加熱あるいは冷却に拘らず、チューブ側で反応や吸収、あるいは蒸発操作などを行う時は、

- 流れや反応などの不均一による各チューブ温度の不均衡
- 重合物の発生付着
- 結晶の析出付着

(シェル側にブラインを使用している場合、チューブ側にスチームを通すと水が析出する恐れがあります。)

- 加熱によるコゲ付き
- 昇華性物質を含む蒸気の凝縮などによるチューブの目詰り
- 突沸による反応液の飛び込み
- シェル内の堆積物によるチューブ温度差の発生

などが発生しない様、注意してください。

尚、昇華性物質の凝縮では局部発熱が大きく、さらに冷却面に析出する結晶を掻き取らねばなりませんので、ガラスライニング製熱交換器は不向きです。

⚠ 注 意

- ❗ 過度な熱応力を生じさせるような使用方法は絶対に避けてください。

(6) 停電や運転ミスに対する対策

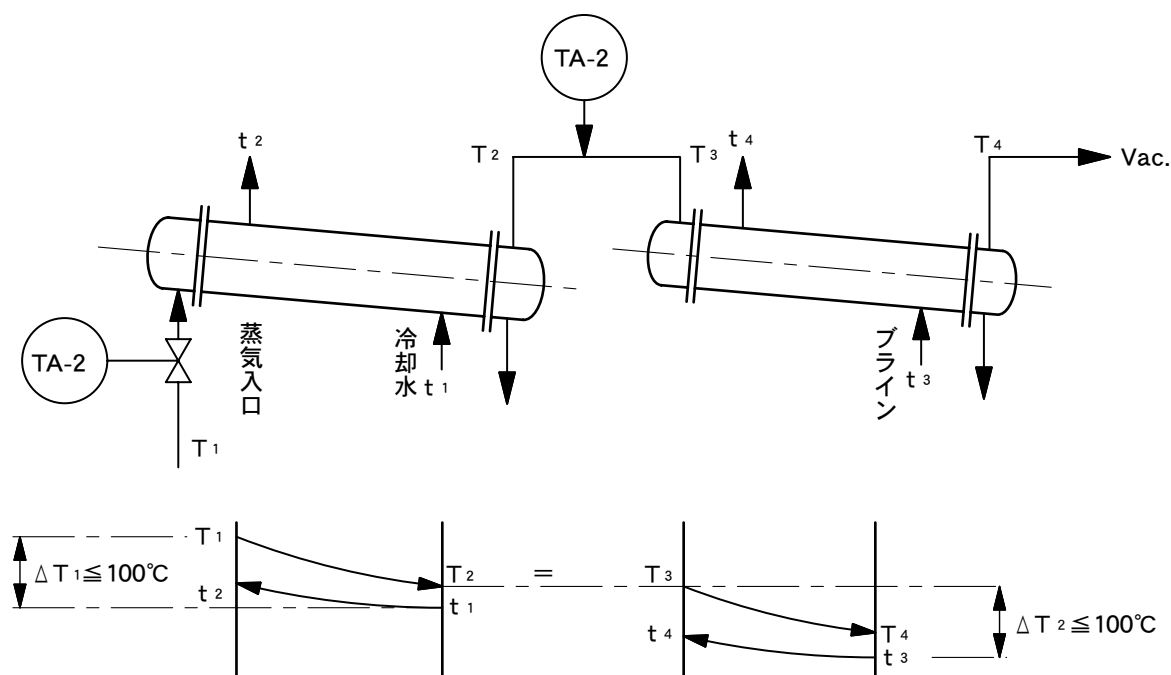
シェル側冷却水やブラインが停電や運転ミスによって停止した場合は、温度上昇等グラストラブルを起こす可能性があります。チューブ側ガスや流体の供給を止め、速やかに機器内部から流体を抜いてください。また、温度上昇した熱交は、復帰後シェル側に冷却水が入るとグラストラブルをおこす場合があります。復帰作業を行う際、下記を確認してください。

- 熱交本体の温度が常温になるのを待ってから次操作を行う。
- チューブ側及びシェル側の各入口温度を測定する。

多目的プラントの熱交換器のように、入口蒸気（あるいは液体）の温度が一定でない場合は、蒸気入口に温度警報計を設置し、ヒートショックに対する温度差を MAX80℃に設定してください。

(7) 冷却凝縮器

大気圧運転の単一コンデンサでは、入口蒸気温度は流体の沸点であり、一定です。仮に蒸気量が設計値をこえても伝熱面積不足で未凝縮の蒸気がコンデンサ出口から出るのみで、ガラスの破損にはなりません。但し、二連冷却凝縮器では、ガラスの破損に繋がる恐れがあるので注意してください。



上図において、 $\Delta T_1 \leq 100^\circ\text{C}$ であっても運転状況によっては ΔT_2 が 100°C をこえる場合があります。それぞれの機器が $\Delta T \leq 100^\circ\text{C}$ となる様に配慮する必要があります。少なくとも図中に示す温度警報計、あるいは ΔT_1 及び ΔT_2 に対する温度差指警報計 (TDIA) の設置が必要です。

(8) 真空蒸留装置の真空ブレーク

アフタークーラー内の冷気が前段の冷却凝縮器の中へ入って、ヒートショックをおこさない為に、真空ブレークはゆっくり行う必要があります。原則として次の手順に従ってください。

- ① 蒸留の停止（入口蒸気の停止）
- ② アフタークーラーのブラインの停止
- ③ 前段の冷却凝縮器の冷却水は止めずに十分チューブを冷却する。
- ④ 真空を除々にブレークする。

(9) 飛沫同伴あるいは突沸の防止

反応機から飛沫同伴として熱交換器内に入った内容物による、チューブ内での発熱反応が、グラストラブルをおこす可能性があります。

また反応終了後の溶媒回収において、真空下での溶媒追出し時によく突沸をおこすことがあります。

大量の反応液が熱交換器内に飛び込んでくるとグラストラブルをおこす可能性があります。

⚠ 注 意

❗ 飛沫同伴や突沸をおこさない様な運転をお願いします。

(10) 水と反応する蒸気の凝縮

運転開始にあたりシェル内に冷却水あるいはブラインを流したとき、チューブ内で結露し、これが蒸気と反応して局部発熱となる可能性があります。このような場合はモイスチャートラップを設けて外気がそのまま機器内に入らないようにして下さい。尚、溶解熱あるいは希釈熱の大きい気体（HCl, HBr, NH₃ 等）、流体（H₂SO₄）の場合も同様の処置をお願いします。

横型の場合は、あらかじめチューブ側に残った洗浄水等を除去する必要があります。スチームによるシェル側のエアブローを行ってください。

(11) シェル側冷却水の水質

シェル側には点検口を設けていますが、シェル内の掃除は困難です。一方、シェル内での浮遊粒子の堆積等でグラストラブルをおこさないよう、あらかじめ冷却水中の浮遊粒子の除去や冷却水洗浄装置の設置等をお願いします。

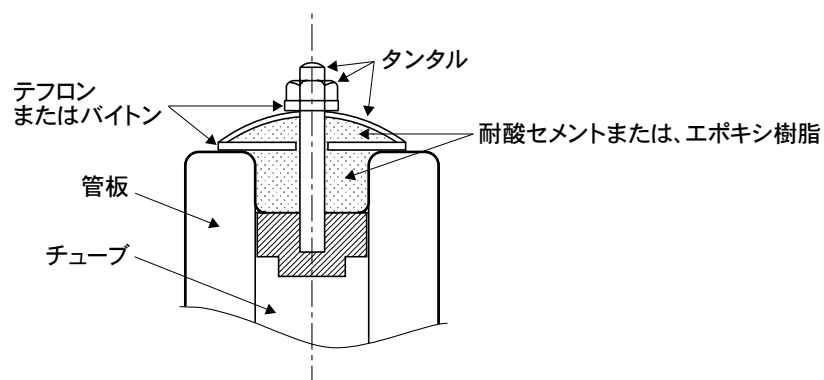
(12) グラス面の補修と再焼成

管板のみのグラストラブルの詳細については、再焼成によるチューブ内ガラスの悪影響を考慮し、原則としてお断りしています。

管板とチューブとの溶接部あるいはチューブ内のグラストラブルについては、タンタル補修を行います。

その方法は次項に示す通りです。

●タンタル補修方法



一般的には上図の方法で補修を行いますが、数本に渡って補修を行う場合はタンタル板材を用います。

タンタル補修は前記実績例に基づき実施しますが、補修の大きさなどにより短期または定期的な点検が必要となります。

⚠ 注 意

❗ タンタル補修を行った際は、定期的な点検が必要となります。

リボイラーとして使用する場合の注意事項

グラスライニング製多管式熱交換器をリボイラーとして使用する場合、コンデンサとして使用する場合に比べて熱衝撃や熱応力が発生しやすくなります。

取扱いにあたっては、過度な熱衝撃や熱応力を与えないように十分注意する必要があります。

以下にシェル側にスチームを投入して過熱する場合の取扱要領を示します。

尚、これはあくまで基本的な使用方法であり、実際にはそれぞれ個別に検討してください。

- (1) 運転開始時は低温側流体をチューブ側に先に流し、熱交の温度が定常状態に達した後、シェル側へスチームを流すようにして下さい。

逆に運転停止時はスチームを先に止めた後、チューブ側の低温流体を止めて下さい。

- (2) リボイラーのチューブ内液はスチームの加熱によって循環するようにして下さい。

必ず、各チューブの上下に気、液 2 相が存在するような状態は避けて下さい。但し沸騰点に達した時の気液混相流の上昇は問題ありません。

- (3) ジャケットにスチームを入れる START-UP 時にはスチームトラップは必ず開放にして下さい。(この操作によりジャケットに入るスチーム温度は約 100℃となります。)

もし冬期チューブ内温度が約 10℃と仮定すれば、トラップを閉じた状態で急にバルブを全開にすれば、 ΔT (チューブ内とチューブ外の温度差) は 100℃以上になる危険性があります。

⚠ 注 意

❗ いかなる場合でも、スチームの流入初期は時間を掛けてゆっくり操作してください。

- (4) チューブ内の液温が 50℃になるまで 5℃/10min の加熱速度で昇温するようスチームトラップを開放のまま最初はスチームバルブの開放を慎重に操作して下さい。
- (5) チューブ内液温が 80℃まで上昇したならばトラップを閉じて下さい。
- (6) チューブ内液温とスチーム温度との差が 50℃以内になるまで、スチームバルブの開度を慎重に操作して下さい。
但し、昇温速度は 10℃/10min までとします。
- (7) チューブ内液温とスチーム温度との差が 50℃以内となるまでチューブ内温度が上昇した後、徐々にスチームバルブを開き、所定の温度として下さい。
- (8) ΔT は MAX80℃です。

上記は基本的な取扱要領です。実際の使用にあたっては個々の条件に応じた取扱いを考慮しなければなりませんので、弊社まで御連絡をお願いします。

加熱器として使用になる場合も上記に準じてご使用くださる様をお願いします。

グラスライニング製多管式熱交換器の事故例

(1) 横型の事故例

- ① ジャケット側にスケールが堆積し冷却水の流れが偏り、チューブ間の温度が不均一となったため、熱応力が発生しグラス剥離を生じた。
- ② リボイラーとして使用していたが、チューブ内に溶液の気液界面が存在したため熱応力が発生しグラス剥離を生じた。
- ③ チューブ内に固形物が堆積し、内容物の流れが偏りチューブ間の温度が不均一となったため熱応力が発生しグラス剥離を生じた。
- ④ ジャケット側にブラインを使用していたが、内容物中の水分が管板に凝固し、内容物の流れが偏り、チューブ間の温度が不均一となったため熱応力が発生しグラス剥離を生じた。
- ⑤ ジャケット側に水とブラインを交互使用していたが管板とチューブ間の水が凝固しグラス剥離を生じた。

(2) 縦型の事故例

- ① リボイラーとして使用していたが、チューブ内液が循環できない配管となっていたため突沸的に冷たい液が流入し、サーマルショックによりグラス剥離を生じた。



本社・中津工場 〒871-8688 大分県中津市大字是則1136番地

九州営業部 TEL (0979)32-2460 FAX (0979)32-4134

東京営業部 〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町2-12-5 カワイビル3F

TEL (03)3667-8511 FAX (03)3677-1621

大阪営業部 〒541-0051 大阪市中央区備後町1丁目2番9号 備後町吉田ビル7F

TEL (06)6231-9457 FAX (06)6231-4831